



覆膜和密度对‘陇薯7号’产量及不同质量块茎分布的影响

曲亚英^{1,2}, 李 掌^{1,2}, 郑永伟^{1,2}, 白永杰^{1,2},
文国宏^{1,2}, 李高峰^{1,2}, 陈 富^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院 马铃薯研究所, 兰州 730070; 2. 农业部西北旱作马铃薯科学观测试验站, 甘肃渭源 748201)

摘 要 以‘陇薯7号’原种为试验材料, 采用裂区设计, 研究覆膜和密度对其成熟期、产量及其构成因素以及不同质量块茎分布的影响, 综合分析产量、成本、效益, 提出高寒阴湿区‘陇薯7号’繁种适宜的种植方式和合理的种植密度, 为其北繁南种脱毒种薯繁育技术体系的形成提供理论支持, 以及在南方冬作区的大面积推广奠定基础。结果表明: 黑色地膜覆盖能使‘陇薯7号’成熟期提前 15 d, 生育期缩短 11 d, 产量增加 57.19%。随着密度的增加, 有效株数增加, 单株结薯数减少, 单薯质量降低, 产量显著增加。在试验设计的密度范围内, 产量与密度呈线性正相关, 在最高密度下获得最高产量。随着密度的增加, <20 g、20~50 g 块茎比率呈直线上升趋势, >100 g 块茎比率呈直线下降趋势, 50~100 g 块茎比率因种植方式不同而变化不同, 地膜覆盖种植, 呈先升后降的趋势, 密度 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 时达到最高, 露地种植则表现为持续下降的趋势。地膜覆盖主要影响 20~50 g 和 >100 g 块茎比率。综合分析产量、成本和效益, 以地膜覆盖密度增加到 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 为试验最佳处理, 产量 48 938.89 kg/hm², 纯收益 1 673.53 元/hm², 20~50 g 块茎比率 27.15%, 50~100 g 块茎比率 36.08%。建议在高寒阴湿区繁育‘陇薯7号’脱毒一级种采用黑色地膜覆盖种植, 密度 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$, 块茎按质量大小进行分级。

关键词 覆膜; 种植密度; 生育期; 产量; 块茎分布比率; 陇薯7号

中图分类号 S532

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2019)08-1242-08

马铃薯是中国继小麦、水稻、玉米之后的第四大粮食作物。随着农业结构调整和马铃薯“主食化”战略的实施, 南方冬作区成为中国马铃薯发展的重点区域, 种植面积迅速扩大^[1]。由于南方各省品种选育工作滞后, 炎热多雨的气候条件不利于种薯繁育, 品种和种薯是该区马铃薯产业发展的关键问题^[2]。引进筛选适宜品种和北繁南种是目前解决冬作马铃薯品种和种薯问题的有效途径^[3]。‘陇薯7号’是甘肃省农业科学院马铃薯研究所育成的抗病、高产、优质、广适新品种, 被农业部确定为 2014 年主导品种。近几年在广东、广西、福建等南方冬作区引进试种, 表现抗晚疫病、耐寒、高产、商品性符合当地消费习惯^[4]。2017 年 7 月‘陇薯7号’通过广东省农作物品种审定委员会审定。但是, 由于‘陇薯7号’生育期长, 在甘肃省脱毒种薯繁育优势区域高寒阴湿区繁种收获

较晚, 冬播时种薯休眠不能快速解除, 在一定程度上限制了其在冬作区的大面积推广。

甘肃省高寒阴湿区海拔高, 气候冷凉, 雨量充沛, 适宜马铃薯种植, 是脱毒种薯繁育优势区域^[5]。该区生产的种薯质量好, 但因其无霜期短、有效积温低, 马铃薯成熟晚、产量较低^[6-7]。研究表明^[8-12], 黑色地膜覆盖能显著增加马铃薯产量并加快马铃薯生育进程, 提早成熟期, 同时因其透光率低, 辐射热透过少, 不仅能抑制杂草生长并防止马铃薯变绿, 而且土壤增温幅度较透明膜小, 能防止高温对马铃薯的不良影响。增加群体密度是提高马铃薯单产的有效途径之一^[13]。在一定范围内, 种植密度越大马铃薯产量越高。李高峰^[14]、陆立银等^[15]研究了高寒阴湿区露地栽培条件下生产‘陇薯7号’商品薯适宜的种植密度, 而有关以北繁南种种薯繁育为目的, 覆膜种植及

收稿日期:2019-01-31 修回日期:2019-04-11

基金项目: 甘肃省农业科学院农业科技创新专项(2016GAAS04); 甘肃省马铃薯产业技术体系(GARS-03-02); 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-09-P06); 甘肃省战略性新兴产业创新支撑工程专项(甘发改高技[2012]672号)。

第一作者: 曲亚英, 女, 硕士, 副研究员, 主要从事马铃薯遗传育种研究。E-mail: quaying828@163.com

密度对‘陇薯 7 号’生育期、产量以及不同质量块茎分布影响的研究未见报道。

本试验以‘陇薯 7 号’原种为材料,通过研究覆膜种植和密度对其成熟期、产量及其构成因素以及不同质量块茎分布的影响,综合分析产量、成本、效益,提出高寒阴湿区‘陇薯 7 号’北繁适宜的种植方式和合理的种植密度,为其北繁南种脱毒种薯繁育技术体系的形成提供理论支持,以及在南方冬作区的大面积推广奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2018 年 4 至 9 月在甘肃省渭源县会川镇半阴坡村进行,试验地为川台地,土壤属黑麻土,肥力中等,前茬为油菜。该地区属于高寒阴湿区,海拔 2 260 m,年降雨量 560 mm,且主要集中在 7—9 月,年平均气温 5.7 ℃,无霜期 130 d 左右。播前对土壤养分进行化验分析,有机质质量分数 26.8 g/kg,全盐量 0.060%,有效磷 49.5 mg/kg,速效钾 147 mg/kg,碱解氮 160 mg/kg,pH 8.28。

根据甘肃省渭源县会川试验站气象资料统计(表 1),2018 年试验期间试验区降雨量 580.1 mm,略高于多年平均降雨量。

表 1 试验期间试验区气象因素

Table 1 Climate factors during in test area				
月份 Month	降雨量/mm Rainfall	日最高温/℃ <i>T</i> _{max}	日最低温/℃ <i>T</i> _{min}	日平均温度/℃ <i>T</i> _{mean}
4	61.6	13.1	2.7	9.2
5	57.0	19.6	7.1	13.3
6	84.6	22.8	10.9	16.6
7	175.6	23.2	13.9	18.1
8	127.0	23.2	14.2	18.1
9	74.3	16.5	8.9	12.2

1.2 试验材料

供试材料为‘陇薯 7 号’原种,由甘肃省农业科学院马铃薯研究所提供。

1.3 试验设计与方法

采用裂区设计,主区为种植方式处理,设地膜覆盖种植和露地种植(CK)2 个水平;副区为密度处理,设 4.5×10⁴ hm⁻²、7.5×10⁴ hm⁻²、10.5×10⁴ hm⁻²、13.5×10⁴ hm⁻²、16.5×10⁴ hm⁻²5 个水平,3 次重复。小区面积 18 m²,小区长 6.0 m,宽 3.0 m,每小区种植 5 行,行距 60 cm。地膜覆盖种植,起单垄,垄高 30 cm,覆宽 80 cm 的黑色地膜,垄顶单行播种;露地种植,平地开沟点播,覆土磨平,现蕾期培土。施肥量为活性有机肥料 1 200 kg/hm²,尿素 225 kg/hm²,磷酸二铵 300 kg/hm²,肥料在播种前作为底肥一次施入。按常规管理试验田。观察记载物候期,收获时统计有效株数、不同质量块茎数量、不同质量块茎重量,测定小区产量。2018 年降雨偏多,晚疫病发生严重,因‘陇薯 7 号’抗病性强,影响较轻。

采用 Excel 2010 和 DPS 2.0 对试验数据进行统计分析,采用 Duncan’s 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 覆膜对‘陇薯 7 号’物候期的影响

从表 2 可以看出,地膜覆盖种植的出苗期较露地提前 5 d,现蕾期提前 6 d,成熟期提前 15 d,生育期缩短 11 d。说明地膜覆盖的增温保墒作用促进了马铃薯的生长发育,加快了生育进程,使生育期缩短,成熟期提前。成熟期提前到 8 月 26 日,符合北繁南种的要求。

2.2 覆膜和密度对‘陇薯 7 号’产量及其构成因素的影响

由表 3 可以看出,地膜覆盖对产量有显著影响(*P*<0.05),对其构成因素有效株数、单株结薯数、单薯质量影响程度不同。与露地相比,地膜覆盖种植的产量显著增加,增产达 57.19%;有效株数减少 3.1%,单株结薯数增加 16.5%,但差异未达显著水平;单薯质量显著增加,增率 43.0%。

表 2 ‘陇薯 7 号’物候期表现

Table 2 Phenological period of ‘Longshu 7’						
种植方式 Planting pattern	播种期 Sowing date	出苗期 Seedling stage	现蕾期 Bud stage	成熟期 Maturity date	收获期 Harvest date	生育期/d Growth period
地膜覆盖种植 Film mulch planting	04-08	05-14	06-20	08-26	09-12	104
露地种植(CK) Open field planting	04-08	05-19	06-26	09-10	09-12	114
比 CK 增减时间/d Increase and decrease of dates compared with CK		—5	—6	—15		—11

说明地膜覆盖对单薯质量的影响大于对单株结薯次是增加了单株结薯数。
数的影响,增产的主要原因是提高了单薯质量,其

表 3 覆膜种植及不同密度下‘陇薯 7 号’的产量及其构成因素
Table 3 Yield and yield component under different density treatments

种植方式 Planting pattern		密度($\times 10^4$) /hm ⁻² Density	产量/ (kg/hm ²) Yield	有效株数 ($\times 10^4$)/hm ⁻² Effective plant	单株结薯数 Tubers per plant	单薯质量/g Single tuber mass
地膜覆盖种植	Film mulch planting	4.5	36 511.11 bB	4.36 eC	10.47 aA	83.14 aA
		7.5	40 647.22 bB	6.83 dBC	9.01 abA	65.97 abAB
		10.5	42 177.78 bB	8.86 bcBC	9.16 abA	52.31 bcB
		13.5	48 938.89 aA	10.89 bAB	8.58 bA	52.45 bcB
		16.5	50 258.33 aA	14.44 aA	8.57 bA	40.64 cB
平均值	Mean		43 706.67 a'A'	9.08 a'A'	9.16 a'A'	58.90 a'A'
标准差	Standard deviation		5 783.59	3.67	0.78	16.25
变异系数/%	CV		13.24	40.41	8.50	27.59
露地种植 (CK)	Open field planting	4.5	19 513.89 cC	4.44 eE	8.72 aA	50.32 aA
		7.5	24 877.78 bcBC	6.78 dD	8.22 aA	44.87 aA
		10.5	29 552.78 abAB	9.25 cC	7.26 aA	44.49 aA
		13.5	32 038.89 aA	12.06 bB	7.22 aA	36.91 aA
		16.5	33 044.44 aA	14.31 aA	7.90 aA	29.35 aA
平均值	Mean		27 805.56 b'A'	9.37 a'A'	7.86 a'A'	41.19 b'A'
标准差	Standard deviation		5 606.77	3.74	0.63	8.16
变异系数/%	CV		20.16	39.90	8.14	19.81

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。带“'”为平均值之间比较。
Note:The different uppercase letters in the same columns indicate significant difference at 0.01 level and the different lowercase letters in-
dicate significant difference at 0.05 level. “'”mean comparison of average.

密度对产量有极显著影响($P<0.01$)(表 3)。随着密度的增加,产量增加,密度最大时产量最高。地膜覆盖种植密度增加到 $16.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 时,产量达到 $50\,258.33\text{ kg/hm}^2$,极显著高于 $10.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 、 $7.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 和 $4.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 的产量,但与 $13.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 的产量差异不显著。露地种植密度增加到 $16.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 时,产量达到 $33\,044.44\text{ kg/hm}^2$,极显著高于 $7.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 、 $4.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 的产量,但与 $13.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 、 $10.5\times 10^4\text{ hm}^{-2}$ 的产量差异不显著。在本试验设计的密度范围内,产量(y)与密度(x)呈线性正相关关系,经回归分析,地膜覆盖产量与密度的回归方程为 $y_{\text{地膜}}=31\,181.5+1\,193.0x(R^2=0.957\,3^*)$,密度每增加 $1.00\times 10^4\text{ hm}^{-2}$,产量提高 $1\,193.0\text{ kg/hm}^2$;露地产量与密度回归方程为 $y_{\text{露地}}=15\,827.00+1\,140.7x(R^2=0.957\,6^*)$,密度每增加 $1.00\times 10^4\text{ hm}^{-2}$,产量提高 $1\,140.7\text{ kg/hm}^2$ 。

密度对产量构成因素有效株数、单株结薯数、单薯质量均有影响,但在不同种植方式下影响程度不同。由表 3 可以看出,随着密度的增加,有效株数增加,单株结薯数减少,单薯质量降低。说明群体产量随密度的增加而增加的主要原因是有效株数的增加。地膜覆盖种植,密度对单株结薯数的影响达到了显著水平,对单薯质量的影响达到极显著水平,而露地种植,密度对单株结薯数和单薯质量的影响均未达显著水平。说明密度对单株结薯数和单薯质量的影响,地膜覆盖种植大于露地种植。从各构成因素的变异系数来看,有效株数、单株结薯数、单薯质量的变异系数在 2 种植方式下(地膜覆盖分别为 40.41%、8.5%和 27.59%,露地分别为 39.90%、8.14%和 19.81%)大小顺序相同,均为有效株数>单薯质量>单株结薯数,说明密度对产量各构成因素的影响顺序为有效株数>单薯质量>单株结薯数。地膜覆盖种植单薯质量的变异系数大于露地种植

的变异系数,也说明了地膜覆盖对单薯质量的影响更大。

由产量方差分析可知,种植方式和密度二者交互作用不显著,因此,地膜覆盖种植+密度 $16.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 应为本试验的最佳处理组合,产量最高,达 $50\,258.33 \text{ kg/hm}^2$,单株结薯 8.57 个,平均单薯质量 40.64 g 。

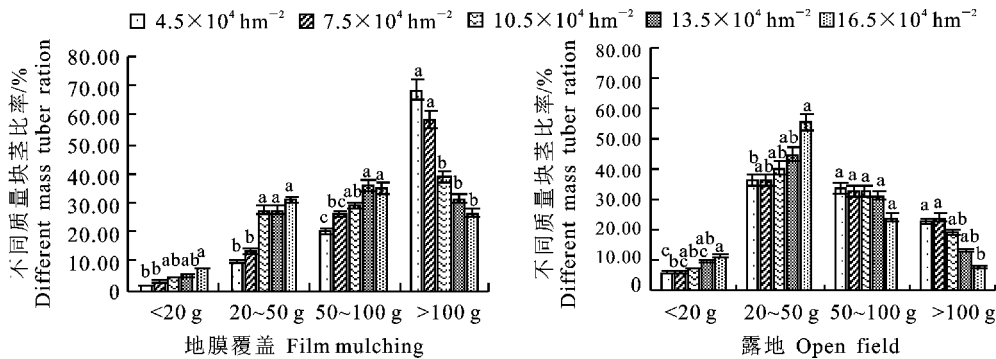
2.3 覆膜和密度对不同质量块茎分布的影响

随着密度的增加,不同质量块茎分布发生显著变化(图 1)。 $<20 \text{ g}$ 、 $20 \sim 50 \text{ g}$ 块茎比率呈明显上升趋势, $>100 \text{ g}$ 块茎比率呈明显下降趋势。 $50 \sim 100 \text{ g}$ 块茎比率因种植方式不同变化不同,地膜覆盖种植的,呈先升后降的趋势,密度 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 时达到最高,继续增加密度则开始下降,而露地种植的则表现为持续下降的趋势。地膜覆盖种植,密度对不同质量块茎比率的影响均

达到显著水平,而露地种植,密度对 $<20 \text{ g}$ 、 $20 \sim 50 \text{ g}$ 、 $>100 \text{ g}$ 块茎比率的影响达显著水平,对 $50 \sim 100 \text{ g}$ 块茎比率影响未达显著水平。

地膜覆盖种植和露地种植相比, $20 \sim 50 \text{ g}$ 和 $>100 \text{ g}$ 块茎比率差异达到显著水平, $<20 \text{ g}$ 和 $50 \sim 100 \text{ g}$ 块茎比率差异不显著。说明地膜覆盖主要影响 $20 \sim 50 \text{ g}$ 和 $>100 \text{ g}$ 块茎比率, $20 \sim 50 \text{ g}$ 块茎比率显著低于露地, $>100 \text{ g}$ 块茎的比率显著高于露地。

研究表明,整薯播种和机械化种植最适宜的种薯大小为 $20 \sim 50 \text{ g}$,切块种植时 $50 \sim 100 \text{ g}$ 块茎可纵切为二,不仅减少浪费而且有利于出苗。地膜覆盖和露地种植都以密度增加到 $16.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 时, $20 \sim 50 \text{ g}$ 块茎比率最高,分别为 31.16% 和 55.80% , $50 \sim 100 \text{ g}$ 块茎比率分别为 34.98% 和 24.30% 。



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 1 不同密度下不同质量块茎的比率

Fig. 1 Different mass tuber ratio of different density

2.4 产量、成本和经济效益综合比较分析

由表 4 可知,随密度增加,产量增加,产值随之增加,投入种薯的成本也在增加,当地膜覆盖种植密度增加到 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 、露地种植密度增加到 $10.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 时,纯收益最大,继续增加密度纯收入则减少。因此,地膜覆盖种植密度以 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 为宜,露地种植密度以 $10.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 为宜,纯收益分别达到 $25\,103.01 \text{ 元/hm}^2$ 和 $10\,942.15 \text{ 元/hm}^2$,前者比后者纯收益高 129.41% 。

3 讨论

3.1 覆膜对‘陇薯 7 号’生育期和产量的影响

地膜覆盖能够促进马铃薯的生长发育,加快生育进程。本试验中,地膜覆盖种植,马铃薯的成

熟期比露地提前了 15 d ,生育期缩短了 11 d 。8 月 26 日达到生理成熟,根据南方冬播马铃薯适宜播种期(10 月下旬至 11 月上旬)的要求和‘陇薯 7 号’休眠特点,完全可以满足北繁南种对种薯成熟期的要求。研究表明^[9],地膜覆盖能显著增加马铃薯单株结薯数和单薯质量,因而显著增加马铃薯产量。本试验结果表明,与露地相比,地膜覆盖种植的单株结薯数增加 16.5% ,单薯质量增加 43.0% ,产量增加 57.19% 。因此,本试验认为,在高寒阴湿区繁育‘陇薯 7 号’宜采用黑色地膜覆盖种植,在提早成熟期的同时显著增加产量。

3.2 密度对产量及经济效益的影响

在一定的密度范围内,群体的产量随着密度的增加而增加,但单株产量则随着密度的增加而降低,超出这个范围继续增加栽培密度,则单株结

表 4 产量、成本、纯收益综合比较分析

Table 4 Comparative analysis of yield, cost and net profit

种植方式 Planting pattern	密度 ($\times 10^4$)/ hm^{-2} Density	产量/ (kg/hm^2) Yield	商品率/% Marketability of products	产值/ (元/ hm^2) Output value	种薯成本/ (元/ hm^2) Seed tuber cost	纯收益/ (元/ hm^2) Net income
地膜覆盖种植 Film mulch planting	4.50	36 511.11	98.51	32 371.58	3 540.56	22 831.02
	7.50	40 647.22	96.92	35 456.26	5 974.69	23 481.57
	10.50	42 177.78	95.15	36 120.35	8 408.83	21 711.52
	13.50	48 938.89	94.73	41 724.69	10 621.68	25 103.01
	16.50	50 258.33	92.48	41 832.67	13 277.10	22 555.57
露地种植 (CK) Open field planting	4.50	19 513.89	94.14	16 533.25	3 540.56	7 742.69
	7.50	24 877.78	93.62	20 962.10	5 974.69	9 737.41
	10.50	29 552.78	92.49	24 600.98	8 408.83	10 942.15
	13.50	32 038.89	89.88	25 917.80	10 621.68	10 046.12
	16.50	33 044.44	88.47	26 312.03	13 277.10	7 784.94

注:其他投入成本,地膜覆盖种植按 6 000 元/ hm^2 计算,露地种植按 5 250 元/ hm^2 计算。种薯价格按 2.0 元/ kg 计算,产品价格按 0.9 元/ kg 计算。商品率:20 g 以上块茎的比率。

Note: For other input costs, planting of plastic film mulch is calculated at 6 000 yuan/ hm^2 and open field planting is calculated at 5 250 yuan/ hm^2 . The price of seed potato is calculated at 2.0 yuan/ kg , and product price is calculated at 0.9 yuan/ kg . Commodity rate: the ratio of tubers above 20 g.

薯数少、薯块小,而降低群体产量,影响经济效益。适宜密度则因品种、生态条件、种植方式、栽培目的等不同而不同^[13,16-17]。李高峰^[14]研究表明产量随着密度的增加呈抛物线型增长,具有明显的峰值出现,综合考虑产量、商品率、收益三方面,认为高寒阴湿区露地生产‘陇薯 7 号’商品薯适宜的种植密度为 43 125 hm^{-2} 。本研究结果表明,在试验设计的密度范围内,地膜覆盖和露地 2 种植方式下,产量与密度均呈线性正相关,均在最高密度下获得最高产量,这与前面的研究结果存在一定差异,可能是因为试验年份气候、所选试验地土壤环境和施肥水平的差异所致。本研究中,随密度增加,产量增加,但纯收益呈先增加后减少的趋势。当地膜覆盖种植密度增加到 13.5 $\times 10^4$ hm^{-2} 、露地种植密度增加到 10.5 $\times 10^4$ hm^{-2} 时,纯收益最大,继续增加密度纯收益则减少。因此,本研究认为,高寒阴湿区繁育‘陇薯 7 号’脱毒一级种,地膜覆盖种植密度以 13.5 $\times 10^4$ hm^{-2} 为宜,露地种植密度以 10.5 $\times 10^4$ hm^{-2} 为宜。

3.3 密度对不同质量块茎分布的影响

马铃薯小整薯种植不但具有抗旱保苗、长势旺盛、抗病性强、增产显著等优点,而且还可降低运输成本,适于机械化种植,是未来马铃薯种植的发展方向。对于生产中多大的整薯直播效果好,研究结果不尽一致。吕文河等^[18]认为要想获得

较高的商品薯产量及净产量,并考虑节约用种,提高繁殖倍数,种薯大小应为 50~80 g。赵怀勇等^[19]证明采用 30~50 g 整薯播种,植株生长势强,干物质积累多,有利于马铃薯产量和品种的提高。齐连芬^[17]研究得出冀中南地区生产商品马铃薯,采用质量为 20~25 g 左右的小整薯作为种薯,可以获得较高的产量。对如何实现种薯的小型化,解国庆等^[20]研究认为增加密度和推迟播期可极显著降低马铃薯的平均单薯质量。本试验在研究密度对平均单薯质量影响的基础上,对不同质量块茎分布进行了分析,结果表明,增加密度可显著提高 20~50 g 块茎的比率,降低 100 g 以上块茎比率。当密度从 4.5 $\times 10^4$ hm^{-2} 增加到 16.5 $\times 10^4$ hm^{-2} 时,地膜覆盖种植 20~50 g 块茎比率从 9.81% 提高到 31.16%,露地种植 20~50 g 块茎比率从 36.97% 提高到 55.80%。因此,适当增加密度是获得相对较多的 20~50 g 块茎的一项有效措施。基于马铃薯的结薯特性,种薯小型化研究只能将平均单薯质量降低,而不能使其统一化,建议在种薯生产中根据块茎质量大小进行分级。

4 结 论

黑色地膜覆盖能使‘陇薯 7 号’成熟期提前 15 d,生育期缩短 11 d,产量增加 57.19%。随着

密度的增加,有效株数增加,单株结薯数减少,单薯质量降低,产量显著增加。在试验设计的密度范围内,产量与密度呈线性正相关,在最高密度下获得最高产量。随着密度的增加,<20 g、20~50 g 块茎比率呈直线上升趋势,>100 g 块茎比率呈直线下降趋势,50~100 g 块茎比率因种植方式不同变化不同,地膜覆盖种植,呈先升后降的趋势,密度 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 时达到最高,露地种植则表现为持续下降的趋势。地膜覆盖主要影响 20~50 g 和 >100 g 块茎比率。综合分析产量、成本和效益,地膜覆盖种植密度增加到 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 为试验最佳处理,产量 48 938.89 kg/hm²,纯收益 1 673.53 元/hm²,20~50 g 块茎比率 27.15%,50~100 g 块茎比率 36.08%。建议在高寒阴湿区繁育‘陇薯 7 号’脱毒一级种采用黑色地膜覆盖种植,密度 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$,块茎按质量大小进行分级。

参考文献 Reference:

- [1] 卢肖平. 马铃薯主粮化战略的意义、瓶颈与政策建议[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2015(3):1-7.
LU X P. Strategy of potato as staple food:significance,bottlenecks and policy suggestions[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2015 (3):1-7.
- [2] 隋启君. 南方冬作区马铃薯考察报告[J]. 中国马铃薯, 2012,26(5):311-313.
SUI Q J. A survey report of winter potato production in south China[J]. *Chinese Potato Journal*, 2012,26(5):311-313.
- [3] 曹先维,张新明,陈洪,等. 南方冬作区马铃薯产业发展现状和技术特点及需求分析[C]//屈冬玉,陈伊里. 马铃薯产业与小康社会建设. 哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2014:170-178.
CAO W X,ZHANG X M,CHEN H,*et al.* Current situation,technical characteristics and demand analysis of potato industry in winter cropping area of south China[C]//QU D Y,CHEN Y L. Potato Industry and Construction of a Well-off Society. Harbin: Harbin Cartographic Publishing House,2014:170-178.
- [4] 李小波,安康,方志伟,等. 2014 年广东省冬种马铃薯品种比较试验[J]. 中国马铃薯,2016,30(1):6-9.
LI X B,AN K,FANG ZH W,*et al.* Comparative trial of winter potato varieties in Guangdong province in 2014[J]. *Chinese Potato Journal*, 2016,30(1):6-9.
- [5] 文国宏,师伟,田世龙,等. 2012 年甘肃省马铃薯产业现状、存在问题及发展建议[C]//屈冬玉,陈伊里. 马铃薯产业及农村区域发展. 哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2013:90-95.
WEN G H,SHI Y,TIAN SH L,*et al.* Current situation,existing problems and development suggestions of potato industry in Gansu province in 2012[C]//QU D Y,CHEN Y L. Potato Industry and Construction of a Well-off Society. Harbin: Harbin Cartographic Publishing House,2013:90-95.
- [6] 王林安,蔺海明,王一鸣. 甘肃省高寒阴湿区农业可持续发展战略之思考[J]. 甘肃农业科技,1999(3):1-3.
WANG L A,LING H M,WANG Y M. Thoughts on sustainable development strategy of agriculture in alpine and humid areas of Gansu province[J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 1999(3):1-3.
- [7] 程俊珊,张学祥. 渭源县高寒阴湿地区马铃薯地膜栽培气候生态效应研究[J]. 中国马铃薯,2000,14(2):83-85.
CHENG J SH,ZHANG X X. Study on climate-ecological effect of potato plastic film cultivation in alpine and humid area of Weiyuan county[J]. *Chinese Potato Journal*, 2000, 14(2):83-85.
- [8] 辛宽. 秋季覆盖黑色地膜垄作侧播马铃薯综合效益试验[J]. 青海农林科技,2014(3):19-23.
XIN K. Comprehensive benefit experiment on black plastic film mulching ridge side planting of potato[J]. *Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry*, 2014 (3):19-23.
- [9] 杨微靖,王兴政. 半干旱区马铃薯黑色地膜覆盖效果[J]. 甘肃农业科技,2011(11):13-14.
YANG W J,WANG X ZH. Effect of black plastic film covering on potato in semi-arid region[J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2011(11):13-14.
- [10] 王红丽,张绪成,于显枫. 黑色地膜覆盖的土壤水热效应及其对马铃薯产量的影响[J]. 生态学报,2016,36(16):5215-5226.
WANG H L,ZHANG X CH,YU X F,*et al.* Effect of using black plastic film as mulch on soil temperature and moisture and potato yield [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(16):5215-5226.
- [11] 周丽敏,张皓,李琪,等. 黑色地膜对马铃薯及土壤质量的影响[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版),2016,8(4):316-321.
ZHOU L M,ZHANG H,LI Q,*et al.* Effect of black film mulch on potato yield and soil quality[J]. *Journal of Nanjing University of information science and Technology(Natural Science Edition)*, 2016,8(4):316-321.
- [12] 晋小军,李国琴,潘荣辉. 甘肃高寒阴湿地区地膜覆盖对马铃薯产量的影响[J]. 中国马铃薯 2004,18(4):207-210.
JIN X J,LI G Q,PAN R H. Effect of plastic film covering on potato yield in alpine and shady wetland area of Gansu province [J]. *Chinese Potato Journal*, 2004, 18(4):207-210.
- [13] 郑顺林,王良俊,万年鑫,等. 密度对不同生态区马铃薯产量及块茎空间分布的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(7):15-23.
ZHENG SH L,WANG L G,WAN N X,*et al.* Effect of

- plant density on tuber yield and spatial distribution response of potato from different ecological regions in Sichuan [J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2017, 45(7): 15-23.
- [14] 李高峰. 全粉加工型马铃薯品种陇薯 7 号密度试验研究[J]. 农业科技通讯, 2017(3): 80-81, 175.
- LI G F. Study on density test of Longshu 7, a whole powder processing potato variety [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2017(3): 80-81, 175.
- [15] 陆立银, 谢奎忠, 罗爱花, 等. 高寒阴湿区陇薯 7 号马铃薯原种氮磷用量及栽培密度配套模式研究[M]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与科技扶贫. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2011: 308-312.
- LU L Y, XIE K ZH, LUO A H, *et al.* Study on the Matching Model of Nitrogen and Phosphorus Consumption and Cultivation Density of Longshu 7 Potato in Alpine and Humid Areas[M]//QU D Y, CHEN Y L. Potato Industry and Poverty Alleviation by Science and Technology. Harbin: Harbin Cartographic Publishing House, 2011: 308-312.
- [16] 李惠贤, 刘永贤, 李文宝, 等. 5 个青薯系列马铃薯品种不同种植密度对生长性状及产量的影响试验[J]. 广西农业科学, 2010, 41(9): 910-913.
- LI H X, LIU Y X, LI W B, *et al.* Effects of different planting densities on agronomic traits and yield of five Qingshu series potato varieties[J]. *Guangxi Agricultural Sciences*, 2010, 41(9): 910-913.
- [17] 齐连芬. 冀中南地区马铃薯种薯繁育及商品薯栽培技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- QI L F. Seed potato propagation and study on commercial potato cultivation techniques in middle and south of Hebei area[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2007.
- [18] 吕文河, 申忠宝. 不同密度和种薯大小对产量及主要农艺性状的影响[J]. 马铃薯杂志, 1997, 11(4): 205-208.
- LÜ W H, SHEN ZH B. The Effects of different planting density and seed tuber size on yield and main agronomic traits[J]. *Potato Journal*, 1997, 11(4): 205-208.
- [19] 赵怀勇, 何新春, 张红菊, 等. 整薯播种对马铃薯生长发育及产量和品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44(3): 53-57.
- ZHAO H Y, HE X CH, ZHANG H J, *et al.* Effect on growth, yield and quality of potato with whole seed tuber sowing[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2009, 44(3): 53-57.
- [20] 解国庆, 董清山, 范书华, 等. 马铃薯种薯小型化生产技术研究[J]. 黑龙江农业科学, 2018(1): 21-24.
- XIE G Q, DONG Q SH, FAN SH H, *et al.* Research on miniaturization production technology of seed potato[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2018(1): 21-24.

Effects of Film Mulch Planting and Density on Yield and Distribution of Tubers with Different Masses in ‘Longshu 7’

QU Yaying^{1,2}, LI Zhang^{1,2}, ZHENG Yongwei^{1,2}, BAI Yongjie^{1,2},
WEN Guohong^{1,2}, LI Gaofeng^{1,2} and CHEN Fu^{1,2}

(1. Potato Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Scientific Observation and Experimental Station of Potato Dry Farming in Northwest China, Ministry of Agriculture, Weiyuan Gansu 748201, China)

Abstract ‘Longshu 7’ is suitable for planting in the southern winter cropping area, but its late harvest is in the high cold and humid areas because of its long growth period. The virus-free seed potato breeding is dominant in Gansu province, and the dormancy of seed potato can not be quickly lifted during winter sowing period, so this limits its large-scale popularization in the winter cropping area to a certain extent. In order to explore the effective ways to make the maturity period in advance and increase yield of ‘Longshu 7’, planting methods and density experiments were carried out to provide theoretical foundation for virus-free seed potato breeding technology system of ‘Longshu 7’ in North Gansu, and to lay a foundation for its large-scale popularization in southern winter cropping areas of Gansu. Using ‘Longshu 7’ as material, split plot design was used to study the effects of different planting methods and densities on maturity, yield and its components, and tuber distribution of different qualities. The yield, cost and benefit were analyzed comprehensively. The suitable planting methods and reasonable planting densities for ‘Longshu 7’ in high cold and humid areas were put forward. The results showed that black plastic film mulching could make the maturity of ‘Longshu 7’ 15 days in advance, shorten its growth period by 11 days and increase its yield by 57.19%. With the increase

of density, the number of effective plants increased, the number of tubers per plant decreased, the quality of tubers per plant decreased, and the yield increased significantly. Within the density range designed by the experiment, the yield increased linearly with the density, and the highest yield was obtained at the highest density. With the increase of density, the tuber ratios of <20 g and $20-50$ g showed a straight upward trend, and those of <100 g showed a straight downward trend. The tuber ratios of $50-100$ g varied with different planting methods. The coverage planting of black plastic film showed a first upward and then downward trend, which it reached the highest density at $135\ 000\ \text{hm}^{-2}$, while the open-field planting showed a continuous downward trend. Planting methods mainly affected the tuber ratio of $20-50$ g and >100 g. Comprehensive analysis of yield, cost and benefit showed that the best treatment increased the planting density of black film mulching to $135\ 000$ plants/ hm^2 . The yield was $48\ 938.89\ \text{kg}/\text{hm}^2$, the net income was $1\ 673.53\ \text{yuan}/\text{hm}^2$, the tuber ratio of $20-50$ g was 27.15% , and the tuber ratio of $50-100$ g was 36.08% . It is suggested that the virus-free first-class ‘Longshu 7’ should be planted with black plastic film mulching in cold and humid areas with a density of $135\ 000\ \text{hm}^{-2}$, and the seed potato should be graded according to their quality.

Key words Film mulch; Planting densities; Growth period; Yield; Tuber distribution ratio; Longshu 7

Received 2019-01-31

Returned 2019-04-11

Foundation item Agricultural Science and Technology Innovation Project of Gansu Academy of Agricultural Sciences (No. 2016 GAAS04); Potato Industry Technology System of Gansu Province (No. GARS-03-02); the Earmarked Fund for Modern Agro-industry Technology Research System (No. CARS-09-P06) of China; the Special Fund for Strategic Emerging Industry Innovation and Support Project of Gansu Province (No. GPDRC[2012] 672).

First author QU Yaying, female, master, associate research fellow. Research area: potato genetics and breeding. E-mail: quyaying828@163.com

(责任编辑: 成 敏 Responsible editor: CHENG Min)